

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 13 510.3

Anmeldetag: 25. März 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
München/DE

Bezeichnung: Rechnergestütztes Ermittlungsverfahren
für von einer Blende in einem Bild hervor-
gerufene Blendenkanten

IPC: G 06 T, G 06 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. Dezember 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Ebert

Beschreibung

Rechnergestütztes Ermittlungsverfahren für von einer Blende in einem Bild hervorgerufene Blendenkanten

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein rechnergestütztes Ermittlungsverfahren für von einer Blende in einem Bild hervorgerufene Blendenkanten, wobei einem Rechner das Bild vorgegeben wird, der Rechner in dem Bild vorhandene Bildkanten ermittelt und aus den ermittelten Bildkanten die Blendenkanten bestimmt.

10

Insbesondere bei der Aufnahme von Röntgenbildern wird der Strahlengang in der Regel vom äußeren Rand her mit Abschirmelementen - z. B. Bleiplatten oder dergleichen - abgeschirmt. Dadurch wird zum einen die Strahlenbelastung für das untersuchte Objekt (meist ein Mensch) minimiert, zum anderen werden Überstrahlungs- und/oder Streustrahlungseffekte zumindest teilweise reduziert. Ferner wird die Datenmenge reduziert. Dies betrifft sowohl die Speicherung der Bilddaten als auch deren Wiedergabe und Verarbeitung.

15

20

Die Abschirmelemente bilden eine Blende. Die innen gelegenen Ränder der Abschirmelemente sind die Blendenkanten. Sie bilden in der Regel ein Vieleck, meist ein Rechteck. Das Rechteck weist aber nicht stets die selbe Orientierung auf.

25

Nur innerhalb des durch die Blendenkanten definierten Innenbereichs findet sich relevante Bildinformation.

30

Es ist natürlich möglich, das gesamte Bild aufzunehmen und darzustellen und dann von einem Benutzer die Lage der Blendenkanten abzufragen. Beispielsweise kann dieser sie interaktiv in das dargestellte Bild einzeichnen. Diese Vorgehensweise ist aber langsam, mühsam und fehlerträchtig.

35

Daher wurden im Stand der Technik Verfahren zur rechnergestützten Ermittlung der Blendenkanten entwickelt, mittels derer die obenstehend erwähnte Ermittlung automatisch möglich ist. Beispielhaft werden hierzu die DE-A-197 42 152, die
5 DE-A-197 34 725 und die US-A-5,351,306 genannt.

Die Verfahren des Standes der Technik arbeiten in der Mehrzahl der Anwendungsfälle bereits recht zufriedenstellend. Bei ungünstigen Verhältnissen, insbesondere wenn sich große Implantate im zu untersuchenden Patienten befinden oder wenn
10 sich der Blendenkontrast zuwenig vom Patientenkontrast unterscheidet, werden die Blendenkanten aber nicht als solche erkannt. Dabei ist es sowohl möglich, dass gar keine Blendenkantenerkennung erfolgt, als auch, dass fehlerhaft Kanten im
15 zu untersuchenden Objekt selbst als Blendenkanten bestimmt werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein rechnergestütztes Ermittlungsverfahren zu schaffen, mittels
20 dessen auch unter ungünstigen Verhältnissen die Blendenkanten mit hoher Sicherheit ermittelt werden können.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass dem Rechner zusätzlich zum Bild eine Information über eine innere Struktur der Blende vorgegeben wird und dass der Rechner die Blendenkanten anhand der Information über die innere Struktur der Blende aus
25 den ermittelten Blendenkanten bestimmt.

Wenn also z. B. bekannt ist, dass die Blendenkanten ein
30 Rechteck (oder ein regelmäßiges Sechseck) bilden, kann vom Rechner geprüft werden, ob zu einer Bildkante eine weitere, parallel verlaufende Bildkante und zwei (bzw. vier) weitere Bildkanten existieren, die mit der erstgenannten Bildkante einen Winkel von 90° (bzw. von $+60^\circ$ und -60°) bilden. Nur
35 dann kann die erstgenannte Bildkante eine Blendenkante sein.

Die Ermittlung der Blendenkanten erfolgt in zwei Hauptschritten, nämlich zum einen der Ermittlung der Bildkanten und zum anderen der Bestimmung der Blendenkanten aus den Bildkanten.

5 Das Bild weist in der Regel eine Vielzahl von zweidimensional angeordneten Pixeln auf, wobei jedem Pixel ein Grauwert zugeordnet ist, der zwischen einem minimal und einem maximal möglichen Wert liegt. In diesem Fall arbeitet das Verfahren zur Bildkantenbestimmung besonders gut, wenn der Rechner zur Ermittlung der Bildkanten für jedes Pixel einen Ableitungswert und anhand der Ableitungswerte die Bildkanten ermittelt.

15 Der Rechner kann die Ableitungswerte beispielsweise durch eine Summe von mindestens vier Summanden ermitteln, wobei jeder Summand aus einem Produkt einer Ableitung in einer Ableitungsrichtung und einem Wichtungsfaktor besteht und der Rechner den Wichtungsfaktor ableitungsspezifisch ermittelt.

20 Besonders günstig ist es in diesem Fall, wenn die Ableitungsrichtungen Richtungspaare bilden, wobei die Ableitungsrichtungen jedes Richtungs-paares entgegengesetzt gerichtet sind. Die Ableitungsrichtungen verschiedener Richtungs-paare hingegen sollten miteinander einen von 0° und 180° verschiedenen Winkel bilden, insbesondere einen Winkel von etwa 90° . Wenn 25 das Bild zueinander orthogonale Hauptachsen aufweist, können die Ableitungsrichtungen insbesondere parallel zu den Hauptachsen verlaufen.

30 Außerhalb des durch die Blendenkanten definierten Bereichs sollte das Bild idealerweise gar keine, realistischerweise nur geringe Schwankungen aufweisen. Deutliche Sprünge (= Bildkanten) sollten also entweder nur innerhalb des eingeblendeten Bereichs oder am Übergang zum eingeblendeten Bereich, also an der Blendenkante selbst, erfolgen. Vorzugsweise 35 verringert der Rechner daher den ableitungsspezifischen Wichtungsfaktor, wenn er für ein zwischen dem betrachteten Pixel und einem Anfangspixel angeordnetes Zwischenpixel eine

von Null verschiedene Ableitung ermittelt. Das Anfangspixel liegt dabei an einem Rand des Bildes. Ein Vektor vom Anfangspixel zum betrachteten Pixel korrespondiert mit der jeweiligen Ableitungsrichtung. Mit dieser Vorgehensweise werden also

5 Bildkanten umso niedriger gewichtet, je mehr Sprünge vor der momentan detektierten Kante liegen.

Ferner können negative Sprünge, also Sprünge von hohen zu niedrigen Grauwerten, nur innerhalb des eingeblendeten Bereichs erfolgen. Wenn daher der Rechner den ableitungsspezifischen Wichtungsfaktor bei gleichem Betrag der Ableitung für

10 das Zwischenpixel bei einer negativen Ableitung für das Zwischenpixel stärker verringert als bei einer positiven Ableitung für das Zwischenpixel, führen negative Sprünge zu einer

15 besonders starken Verringerung des Wichtungsfaktors.

Gemäß der Information über die innere Struktur der Blende können die Blendenkanten beispielsweise vorbekannte Winkel miteinander bilden. In diesem Fall ist es möglich, wie bereits erwähnt, dass der Rechner zur Ermittlung der Blendenkanten jeweils Gruppen von ermittelten Bildkanten ermittelt, welche miteinander mindestens einen der vorbekannten Winkel bilden.

20

25. Wenn gemäß der Information über die innere Struktur der Blende zwei der Blendenkanten parallel zueinander verlaufen, wertet der Rechner vorzugsweise zueinander parallele Bildkanten nur dann als Blendenkanten, wenn die zueinander parallelen Bildkanten voneinander einen Mindestabstand aufweisen. Denn

30 dadurch wird der Umstand berücksichtigt, dass die Blendenkanten in der Praxis stets einen Mindestabstand voneinander aufweisen.

Wenn der Rechner für die Gruppen von Bildkanten, die miteinander mindestens einen der vorbekannten Winkel bilden, einen

35 Summenwert der Ableitungswerte bildet und die Gruppen von Bildkanten in der Reihenfolge der Summenwerte prüft, wobei er

Gruppen von Bildkanten mit größeren Summenwerten vor Gruppen mit Bildkanten mit niedrigeren Summenwerten prüft, arbeitet das Ermittlungsverfahren besonders zuverlässig.

- 5 Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung

Figur 1 eine Röntgenanordnung,

10

Figur 2 beispielhaft ein Bild und

Figuren 3 bis 6 Ablaufdiagramme.

- 15 Gemäß Figur 1 weist eine Röntgenanordnung eine Röntgenquelle 1 und einen Röntgendetektor 2 auf. Mittels der Röntgenanordnung wird ein Bild B eines Objekts 3 - z. B. eines Menschen 3 - aufgenommen und einem Rechner 4 zugeführt. Vom Rechner 4 wird das Bild B ausgewertet, an einen Anwender 5 ausgegeben
20 und gegebenenfalls auch archiviert.

Das Bild B ist beispielhaft in Figur 2 dargestellt. Gemäß Figur 2 weist das Bild B eine Vielzahl von Pixeln $6, 6', 6''$ auf. Die Pixel $6, 6', 6''$ sind entlang Hauptachsen x, y zweidimensional angeordnet. Die Hauptachsen x, y verlaufen dabei orthogonal zueinander. Gemäß Figur 2 besteht das Bild B beispielhaft aus 512×512 Pixeln $6, 6', 6''$. Jedes Pixel $6, 6', 6''$ weist dabei einen Grauwert z auf, der zwischen Null (minimal möglicher Wert) und z. B. 255 (maximal möglicher Wert)
25
30 liegt.

- Röntgenstrahlung ist, wie allgemein bekannt ionisierende Strahlung. Um die Strahlenbelastung des Objekts 3 minimal zu halten, ist daher gemäß Figur 1 im Strahlengang der Röntgenanordnung eine Blende 7 angeordnet. Die Blende 7 ruft im Bild
35 B unter anderem Blendenkanten 8 hervor, die zusätzlich zu

durch das Objekt 3 hervorgerufenen Bildkanten 9 im Bild B vorhanden sind.

5 Gemäß Figur 2 bilden die Blendenkanten 8 beispielsweise ein Rechteck. Unabhängig von der Anordnung und/oder Verdrehung der Blende 7 sind daher im Bild B zu jeder Blendenkante 8 drei weitere Blendenkanten 8 vorhanden, wobei eine dieser weiteren Blendenkanten 8 parallel zu der erstgenannten Blendenkante 8 verläuft und die beiden anderen weiteren Blendenkanten 8 mit der erstgenannten Blendenkante 8 einen Winkel von 90° bilden. Diese Information über die innere Struktur der Blende 7 kann genutzt werden, um die Blendenkanten 8 vom Rechner 4 ermitteln zu lassen.

15 Zur automatischen, rechnergestützten Ermittlung der Blendenkanten 8 ist der Rechner 4 mit einem Computerprogramm 10 programmiert, das auf einem Datenträger 11, z. B. einer CD-ROM 11, in (ausschließlich) maschinenlesbarer Form gespeichert ist. Auf Grund der Programmierung mit dem Computerprogramm 10
20 führt der Rechner 4 das nachfolgend näher beschriebene Ermittlungsverfahren für die Blendenkanten 8 aus.

25 Gemäß Figur 3 nimmt der Rechner 4 in einem Schritt S1 zunächst eine Information über die innere Struktur der Blende 7 entgegen. In einem Schritt S2 nimmt er sodann das Bild B entgegen. In einem Schritt S3 ermittelt der Rechner 4 dann die in dem Bild B vorhandenen Bildkanten 8, 9. Zu diesem Zeitpunkt ist dem Rechner 4 noch unbekannt, welche der Bildkanten 8, 9 die von ihm gesuchten Blendenkanten 8 sind. In einem
30 Schritt S4 ermittelt der Rechner 4 schließlich anhand der Informationen über die innere Struktur der Blende 7 aus den Bildkanten 8, 9 die gesuchten Blendenkanten 8.

35 Die Entgegennahme der Information über die innere Struktur der Blende 7 und die Entgegennahme des Bildes B in den Schritten S1 und S2 bedürfen keiner näheren Erläuterung. Auf die Ermittlung der Bildkanten 8, 9 und der Blendenkanten 8 in

den Schritten S3 und S4 wird nachfolgend in den Figuren 4 bis 6 noch näher eingegangen.

Zur Ermittlung der Bildkanten 8, 9 ermittelt der Rechner 4 gemäß Figur 4 in einem Schritt S5 zunächst für jedes Pixel 6, 6', 6" in einer ersten Ableitungsrichtung R1 eine erste Ableitung A1 und einen korrespondierenden Wichtungsfaktor W1. In Schritten S6 bis S8 tut dies der Rechner 4 auch in einer zweiten, einer dritten und einer vierten Ableitungsrichtung R2 bis R4. In einem Schritt S9 ermittelt der Rechner 4 dann für jedes Pixel 6, 6', 6" einen Ableitungswert z' als Summe der Ableitungen A1 bis A4, wobei jeder der Summanden A1 bis A4 mit seinem korrespondierenden Wichtungsfaktor W1 bis W4 gewichtet ist.

Der ermittelte Ableitungswert z' kann von dem Rechner 4 daraufhin überprüft werden, ob er betragsmäßig einen Schwellwert übersteigt. Wenn dies der Fall ist, ist das korrespondierende Pixel 6, 6', 6" Bestandteil einer Bildkante 8, 9. Anhand der Ableitungswerte z' ist der Rechner 4 also in der Lage, die Bildkanten 8, 9 zu ermitteln.

Wie aus Figur 2 ersichtlich ist, bilden die Ableitungsrichtungen R1 und R2 ein Richtungspaar von zueinander entgegengesetzt gerichteten Ableitungsrichtungen R1, R2. Gleiches gilt für die Ableitungsrichtungen R3 und R4. Die Ableitungsrichtungen R1 bis R4 verlaufen dabei vorzugsweise parallel zu den Hauptachsen x, y. Insbesondere bilden die Richtungspaare somit miteinander einen Winkel, der von 0° und 180° deutlich verschieden ist, nämlich im vorliegenden Fall 90° beträgt.

Zur Ermittlung der Ableitungen A1 bis A4 und der korrespondierenden ableitungsspezifischen Wichtungsfaktoren W1 bis W4 gibt es verschiedene Möglichkeiten. Nachfolgend wird in Verbindung mit Figur 5 eine Vorgehensweise beschrieben, die sich in Versuchen als besonders zuverlässig erwiesen hat. In Figur 5 wird dabei nur der Schritt S7 von Figur 4 näher erläutert.

Die Vorgehensweise bezüglich der Schritte S5, S6 und S8 ist völlig analog.

5 Gemäß Figur 5 werden in Schritten S10 bis S12 zunächst Laufindizes i , j und eine Ableitungssumme W auf den Wert Null gesetzt. In einem Schritt S13 wird sodann die Ableitung $A3$ an der Stelle (i,j) gemäß der Formel

$$A3(i,j) = z(i,j+a) - z(i,j-b)$$

10

ermittelt. a und b sind dabei nichtnegative Offsets. Einer der beiden Offsets a , b darf Null sein. Mindestens einer muss aber von Null verschieden sein. Vorzugsweise nehmen die Offsets a , b den gleichen Wert an und/oder liegen zwischen Eins
15 und Drei.

20

In einem Schritt S14 wird überprüft, ob die Ableitung $A3$ an der Stelle (i,j) größer oder kleiner als Null ist. Wenn die Ableitung $A3$ größer als Null ist, wird die Ableitungssumme W in einem Schritt S15 um die Ableitung $A3$ erhöht. Anderenfalls wird die Ableitungssumme W in einem Schritt S16 um das Quadrat der Ableitung $A3$ erhöht.

25

In einem Schritt S17 wird sodann der ableitungsspezifische Wichtungsfaktor $W3$ an der Stelle (i,j) gleich dem Kehrwert der Ableitungssumme W gesetzt.

30

In Schritten S18 und S19 wird der Laufindex j um Eins erhöht und geprüft, ob er bereits den Wert 511 überschritten hat, also am Bildrand angekommen ist. Wenn dies noch nicht der Fall ist, wird zum Schritt S13 zurückgesprungen. Anderenfalls wird in Schritten S20 und S21 der Laufindex i um Eins erhöht und ebenfalls geprüft, ob der Laufindex i den Wert 511 überschritten hat, also am Bildrand angekommen ist. Wenn dies
35 noch nicht der Fall ist, wird zum Schritt S11 zurückgesprungen. Anderenfalls ist die Ermittlung der Ableitung $A3$ und des

korrespondierenden Wichtungsfaktors W_3 für die dritte Ableitungsrichtung R_3 beendet.

Wie bereits erwähnt, sind auch andere Verfahren zur Ermittlung der Ableitungen A_1 bis A_4 und der ableitungsspezifischen Wichtungsfaktoren W_1 bis W_4 möglich. Die Vorgehensweise gemäß Figur 5 weist jedoch den Vorteil auf, dass der Rechner 4 den ableitungsspezifischen Wichtungsfaktor W_3 jedes Mal verringert, wenn er auf eine Bildkante 8, 9 stößt. Die Verringerung ist dabei umso stärker, je größer der Sprung, also die Ableitung A_3 ist. Dabei werden negative Sprünge stärker gewichtet als positive Sprünge. Es ergeben sich also folgende Wirkungen:

- Der Rechner 4 verringert den ableitungsspezifischen Wichtungsfaktor W_3 , wenn er zuvor, also für ein Zwischenpixel $6'$, das zwischen einem Anfangspixel $6''$ und dem momentan betrachteten Pixel 6 angeordnet ist, eine von Null verschiedene Ableitung A_3 ermittelt. Das Anfangspixel $6''$ liegt dabei an einem Rand des Bildes B und ein Vektor V vom Anfangspixel $6''$ zum momentan betrachteten Pixel 6 korrespondiert mit der jeweiligen Ableitungsrichtung R_3 .
- Der Wichtungsfaktor W_3 wird umso stärker verringert, je größer der Sprung, also der Betrag der Ableitung A_3 , für das Zwischenpixel $6'$ ist.
- Bei gleichem Betrag der Ableitung A_3 für das Zwischenpixel $6'$ wird bei einer negativen Ableitung A_3 für das Zwischenpixel $6'$ der Wichtungsfaktor W_3 stärker verringert als bei einer positiven Ableitung A_3 für das Zwischenpixel $6'$.

Zur Ermittlung der Blendenkanten 8 im Schritt S4 von Figur 3 wird ein Verfahren ausgeführt, das nachfolgend in Verbindung mit Figur 6 näher erläutert wird.

Gemäß Figur 6 wird vom Rechner 4 in einem Schritt S22 anhand der Ableitungswerte z' zunächst eine Houghtransformation durchgeführt und so ein transformiertes Bild im Houghraum ermittelt. Dieses Bild, die sogenannte Houghtransformierte H , weist Variable ϑ , ρ auf. Es wird nachfolgend als $H(\vartheta, \rho)$ bezeichnet. ϑ und ρ sind eine Winkel- bzw. eine Abstandsvariable. Die Winkelvariable ϑ gibt an, welchen Winkel ϑ eine Gerade mit der Hauptachse x einschließt. Die Abstandsvariable ρ gibt an, welchen Abstand ρ diese Gerade vom Schnittpunkt der Hauptachsen x , y aufweist. Der Wert H an der Stelle (ϑ, ρ) gibt an, wie stark diese Gerade in dem Ableitungsbild z' vorhanden ist.

Die Houghtransformation als solche ist dabei allgemein bekannt. Auf sie wird daher nachfolgend nicht näher eingegangen.

In einem Schritt S23 bestimmt der Rechner 4 für jeden Wert der Winkelvariablen ϑ das Maximum $H_{\max}(\vartheta)$ der Houghtransformierten $H(\vartheta, \rho)$. Diese eindimensionale Funktion $H_{\max}(\vartheta)$ wird nachfolgend als Winkelmaximum bezeichnet.

In einem Schritt S24 bestimmt der Rechner 4 ein Summenmaximum $HS(\vartheta)$ gemäß der Formel

$$HS(\vartheta) = H_{\max}(\vartheta) + H_{\max}(\vartheta + \pi/2).$$

Der Rechner 4 ermittelt also zur Ermittlung der Blendenkanten 8 jeweils Gruppen von ermittelten Bildkanten 8, 9, welche miteinander den vorbekannten Winkel von 90° (bzw. $\pi/2$) bilden. Er bildet nämlich für die so ermittelten Gruppen von Bildkanten 8, 9 einen Summenwert der Ableitungswerte z' bzw. der korrespondierenden Houghtransformierten H .

In einem Schritt S25 bestimmt der Rechner 4 den Wert der Winkelvariablen ϑ , bei dem das Summenmaximum HS maximal ist. Für diesen Wert der Winkelvariablen ϑ sucht der Rechner 4

dann in einem Schritt S26 Werte p_1 , p_2 der Abstandsvariablen p , bei denen der Betrag der Differenz der Abstandsvariablen p_1 , p_2 mindestens so groß wie ein Mindestabstand p_{min} ist und bei denen der Wert der Houghtransformierten H unter dem Winkel ϑ größer als ein Schwellwert SW ist. Er prüft also, ob unter dem Winkel ϑ zwei parallele Bildkanten 8, 9 existieren, die einen Mindestabstand p_{min} voneinander aufweisen. Der Rechner 4 könnte im Schritt S26 beispielsweise die Abstandswerte p_1 , p_2 derart ermitteln, dass die Summe der Houghtransformierten $H(\vartheta, p_1) + H(\vartheta, p_2)$ maximal ist. Alternativ könnte er z. B. auch die Differenz der Abstandswerte p_1 , p_2 maximieren.

Wenn der Rechner 4 im Schritt S26 derartige Abstandsvariable p_1 , p_2 gefunden hat, verzweigt er von einem Schritt S27 aus zu einem Schritt S28. Im Schritt S28 ermittelt der Rechner 4 in analoger Weise Abstandswerte p_3 , p_4 , bei denen der Betrag der Differenz der Abstandswerte p_3 , p_4 ebenfalls mindestens so groß wie der Minimalabstand p_{min} ist und bei denen der Wert der Houghtransformierten H für die Winkelvariable $\vartheta + \pi/2$ größer als der Schwellwert SW ist. In einem Schritt S29 überprüft der Rechner 4 wieder, ob er derartige Abstandsvariable p_3 , p_4 finden konnte. Wenn ihm dies möglich war, hat er die gesuchten Blendenkanten 8 ermittelt.

Wenn die Prüfung in einem der Schritte S27, S29 negativ verlaufen ist, wird ein Schritt S30 ausgeführt. In diesem Schritt S30 ermittelt der Rechner 4 den nächstbesten Wert der Winkelvariablen ϑ , also den Wert der Winkelvariablen ϑ , bei dem das Summenmaximum HS den nächstniedrigeren Wert annimmt. Dann springt er zum Schritt 26 zurück.

Das Verfahren gemäß Figur 6 wird also durchgeführt, bis vier Bildkanten 8, 9 ermittelt sind, welche die geforderte Blendenstruktur (Rechteck) erfüllen und eine hinreichende Stärke aufweisen. Der Rechner 4 prüft dabei die Gruppen von Bildkanten 8, 9 in der Reihenfolge der Summenwerte HS , wobei er

Gruppen mit größeren Summenwerten HS vor Gruppen mit niedrigeren Summenwerten HS prüft.

5 In der Praxis bilden die Blendenkanten 8 oftmals nicht exakt, sondern nur näherungsweise ein Rechteck. Die Winkelangabe (0° bzw. 90°) erfolgt daher in der Praxis nur im Rahmen einer gewissen Ungenauigkeit, die zumeist aber im Bereich von wenigen Grad, z. B. $\pm 3^\circ$ oder $\pm 5^\circ$, liegt. Diese Winkelungenauigkeit gilt sowohl für die Parallelität der Blendenkanten 10 8 als auch für die Orthogonalität der Blendenkanten 8.

Selbstverständlich ist ferner das erfindungsgemäße Ermittlungsverfahren nicht auf rechteckige Blendenstrukturen beschränkt. Die Blendenstrukturen können auch anderer Art sein. 15 Beispielsweise wäre ohne weiteres auch eine Suche nach einem regelmäßigen Sechseck oder nach einem Dreieck möglich. Bei Vorgabe eines Quadrats oder eines anderen geradzahligen regelmäßigen Vielecks (z. B. Sechseck, Achteck, ...) kann ferner berücksichtigt werden, dass der Abstand der zueinander 20 parallelen Blendenkanten 8 für alle derartigen Paare konstant sein muss.

Mittels des erfindungsgemäßen Ermittlungsverfahrens sind Blendenkanten 8 auch dann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit rechnergestützt selbsttätig ermittelbar, wenn 25 sie nur schwachkontrastig sind. Denn die Berücksichtigung der bekannten Blendenstruktur ermöglicht es, den weit überwiegenden Teil der möglichen Fehlerkennungen auf Grund von Plausibilitätsprüfungen auszuschließen.

Patentansprüche

1. Rechnergestütztes Ermittlungsverfahren für von einer Blende (7) in einem Bild (B) hervorgerufene Blendenkanten (8),

- 5 - wobei einem Rechner (4) das Bild (B) und eine Information über eine innere Struktur der Blende (7) vorgegeben werden,
- wobei der Rechner (4) in dem Bild (B) vorhandene Bildkanten (8, 9) ermittelt und anhand der Information über die innere Struktur der Blende (7) aus den ermittelten Bildkanten (8,
10 9) die Blendenkanten (8) bestimmt.

2. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- 15 dass das Bild (B) eine Vielzahl von zweidimensional angeordneten Pixeln (6) aufweist, dass jedem Pixel (6) ein Grauwert (z) zugeordnet ist, der zwischen einem minimal und einem maximal möglichen Wert liegt, und dass der Rechner (4) zur Ermittlung der Bildkanten (8, 9) für jedes Pixel (6) einen Ableitungswert (z') und anhand der Ableitungswerte (z') die
20 Bildkanten (8, 9) ermittelt.

3. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- 25 dass der Rechner (4) die Ableitungswerte (z') durch eine Summe von mindestens vier Summanden ermittelt, dass jeder Summand aus einem Produkt einer Ableitung (A1 bis A4) in einer Ableitungsrichtung (R1 bis R4) und einem Wichtungsfaktor (W1 bis W4) besteht und dass der Rechner (4) den Wichtungsfaktor (W1 bis W4) ableitungsspezifisch ermittelt.

30

4. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- 35 dass die Ableitungsrichtungen (R1 bis R4) Richtungspaare bilden, wobei die Ableitungsrichtungen (R1 bis R4) jedes Richtungspaars entgegengesetzt gerichtet sind.

5. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ableitungsrichtungen (R1 bis R4) verschiedener Richtungs-
paare miteinander einen von 0° und 180° verschiedenen
5 Winkel, insbesondere einen Winkel von etwa 90° , bilden.

6. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Bild (B) zueinander orthogonale Hauptachsen (x, y)
10 aufweist und dass die Ableitungsrichtungen (R1 bis R4) parallel zu den Hauptachsen verlaufen.

7. Ermittlungsverfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass der Rechner (4) den ableitungsspezifischen Wichtungsfaktor (W1 bis W4) verringert, wenn er für ein zwischen dem betrachteten Pixel (6) und einem Anfangspixel (6'') angeordnetes Zwischenpixel (6') eine von Null verschiedene Ableitung (A1 bis A4) ermittelt, wobei das Anfangspixel (6'') an einem Rand
20 des Bildes (B) liegt und ein Vektor (V) vom Anfangspixel (6'') zum betrachteten Pixel (6) mit der jeweiligen Ableitungsrichtung (R1 bis R4) korrespondiert.

8. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 7,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass der Rechner (4) den ableitungsspezifischen Wichtungsfaktor (W1 bis W4) bei gleichem Betrag der Ableitung (A1 bis A4) für das Zwischenpixel (6') bei einer negativen Ableitung (A1 bis A4) für das Zwischenpixel (6') stärker verringert als bei
30 einer positiven Ableitung (A1 bis A4) für das Zwischenpixel (6).

9. Ermittlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
35 dass gemäß der Information über die innere Struktur der Blende (7) die Blendenkanten (8) vorbekannte Winkel miteinander bilden und dass der Rechner (4) zur Ermittlung der Blenden-

kanten (8) jeweils Gruppen von ermittelten Bildkanten (8, 9) ermittelt, welche miteinander mindestens einen der vorbekannten Winkel bilden.

- 5 10. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass gemäß der Information über die innere Struktur der Blende (7) zwei der Blendenkanten (8) parallel zueinander verlaufen und dass der Rechner (4) zueinander parallele Bildkanten
10 (8, 9) nur dann als Blendenkanten (8) wertet, wenn die zueinander parallelen Bildkanten (8, 9) voneinander einen Mindestabstand (p_{min}) aufweisen.

- 15 11. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 9 oder 10, in Verbindung mit einem der Ansprüche 2 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Rechner (4) für die Gruppen von Bildkanten (8, 9), die miteinander mindestens einen der vorbekannten Winkel bilden, einen Summenwert (HS) der Ableitungswerte (z') bildet
20 und dass er die Gruppen von Bildkanten (8, 9) in der Reihenfolge der Summenwerte (HS) prüft, wobei er Gruppen von Bildkanten (8, 9) mit größeren Summenwerten (HS) vor Gruppen von Bildkanten (8, 9) mit niedrigeren Summenwerten (HS) prüft.

- 25 12. Auf einem Datenträger (11) gespeichertes Computerprogramm zur Durchführung eines Ermittlungsverfahrens nach einem der obigen Ansprüche.

- 30 13. Rechner, der derart programmiert ist, dass mit ihm ein Ermittlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausführbar ist.

Zusammenfassung

Rechnergestütztes Ermittlungsverfahren für von einer Blende in einem Bild hervorgerufene Blendenkanten

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein rechnergestütztes Ermittlungsverfahren für von einer Blende (7) in einem Bild (B) hervorgerufene Blendenkanten (8). Dabei werden einem Rechner (4) das Bild (B) und eine Information über eine innere Struktur der Blende (7) vorgegeben. Der Rechner (4) ermittelt zunächst in dem Bild (B) vorhandene Bildkanten (8, 9). Sodann bestimmt er anhand der Information über die innere Struktur der Blende (7) aus den ermittelten Bildkanten (8, 9) die Blendenkanten (8).

15

Figur 3

FIG 1

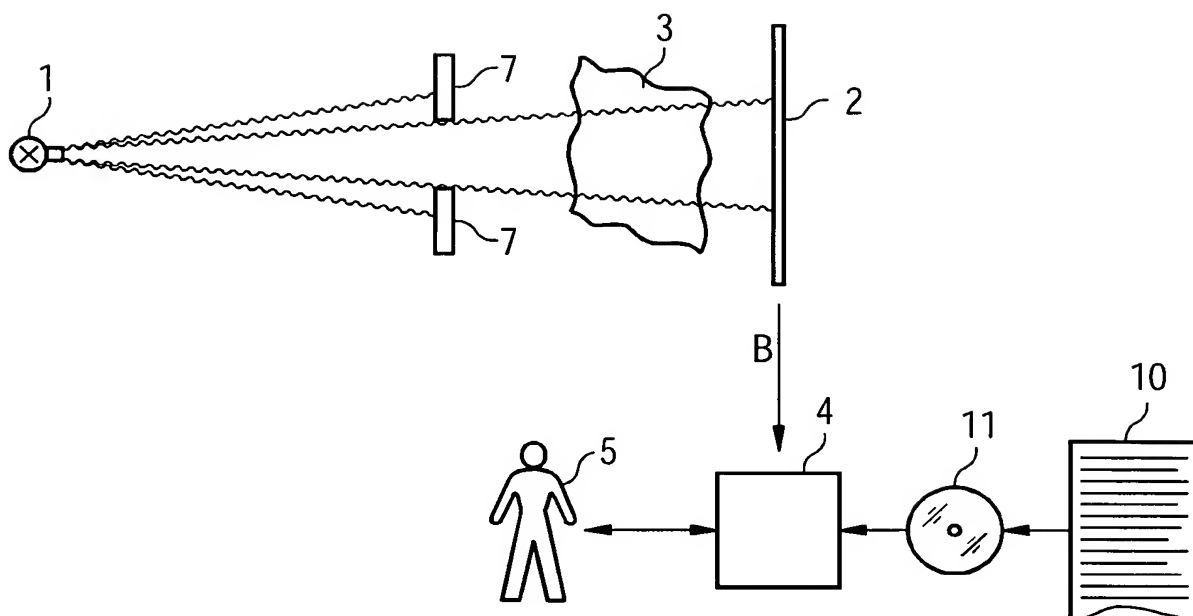


FIG 2

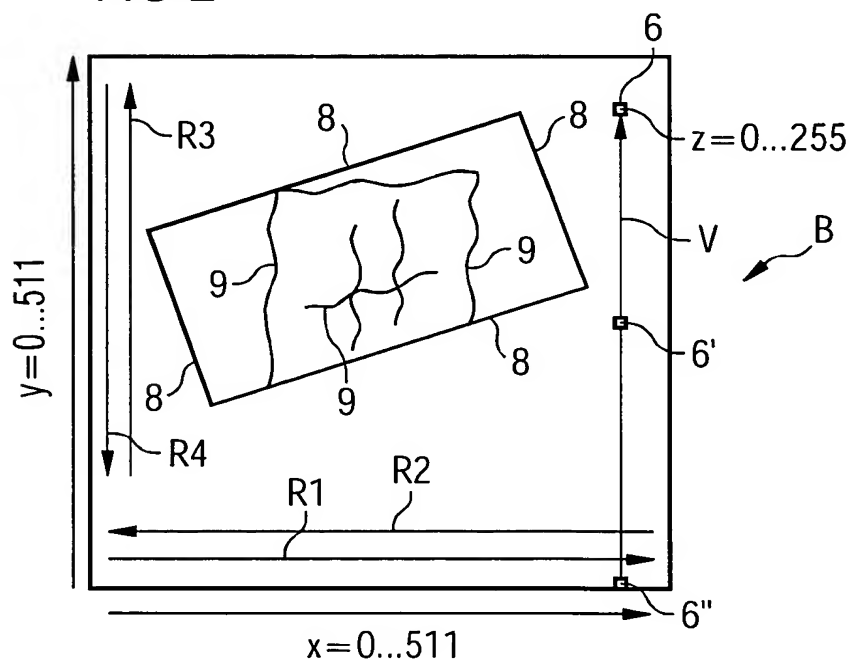


FIG 3

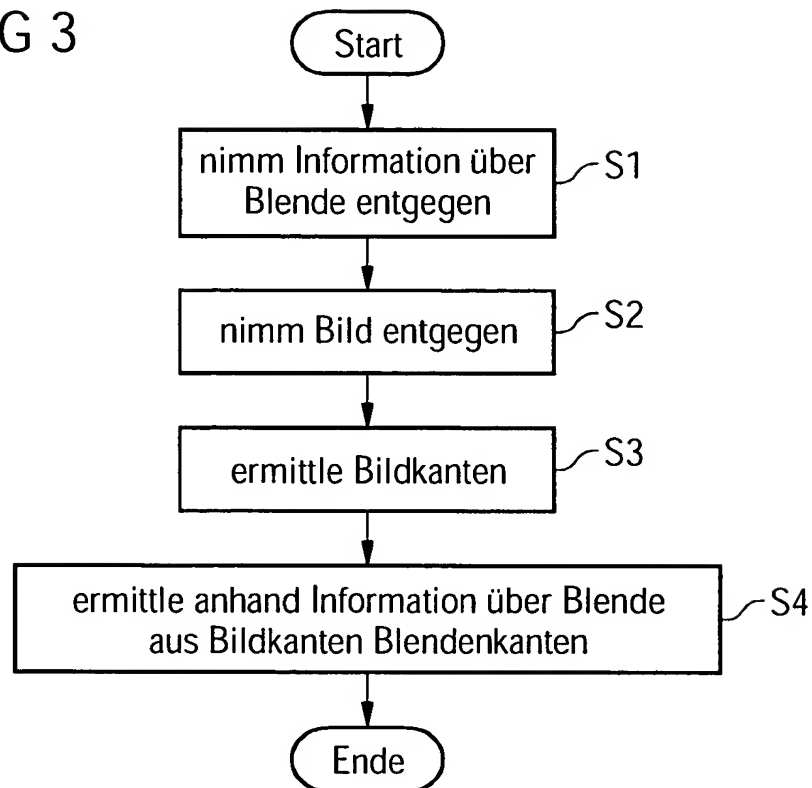


FIG 4

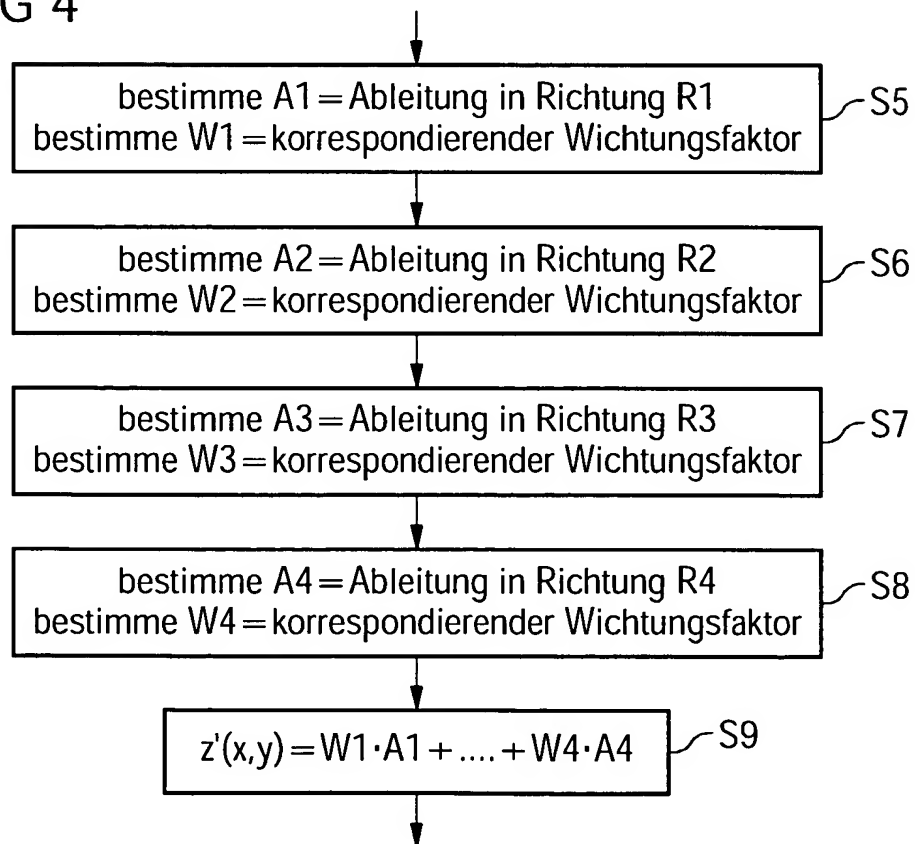


FIG 5

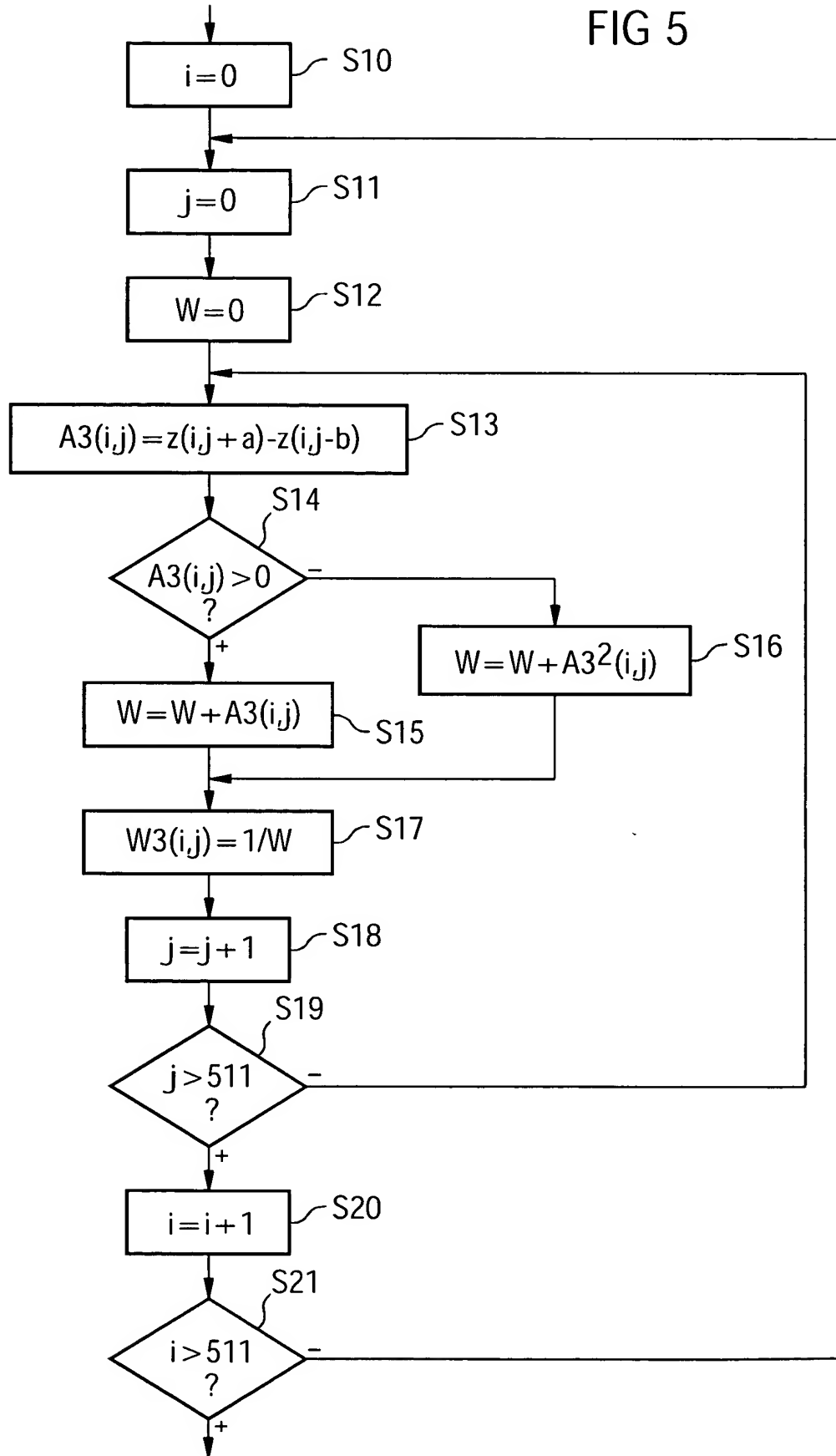


FIG 6

